

Original document

## PIEZOELECTRIC RESONATOR, PIEZOELECTRIC FILTER AND DUPLEXER

Patent number: JP2002237738

Publication date: 2002-08-23

Inventor: SHIBATA AKIHIKO; TAKEUCHI MASAKI

Applicant: MURATA MANUFACTURING CO

Classification:

- international: H03H9/17; H03H9/56; H03H9/00; (IPC1-7): H03H9/56; H03H9/17

- european:

Application number: JP20010373347 20011206

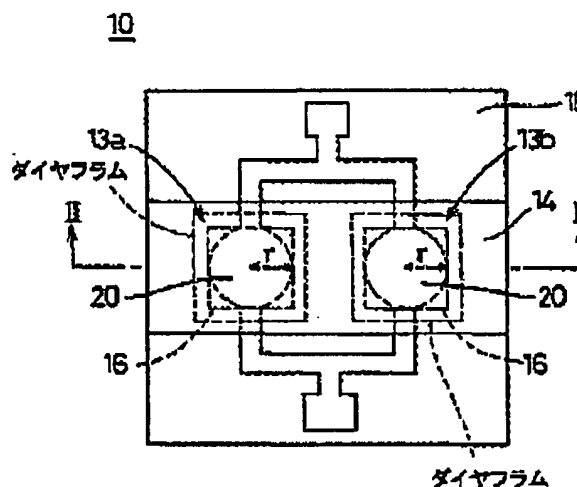
Priority number(s): JP20010373347 20011206; JP20000371135 20001206

[View INPADOC patent family](#)

[Report a data error here](#)

### Abstract of JP2002237738

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a piezoelectric resonator which is hardly affected by spurious vibration, and provided with proper impedance. **SOLUTION:** A piezoelectric resonator 10 is constituted so that a plurality of resonators 13 whose resonance frequencies are a little different using the n-order mode of thickness longitudinal vibration or thickness-shear vibration are connected serially or in parallel. The resonator 13 is provided with a vibrating part 20 consisting of a piezoelectric body having at least one layer, or the multi-layer structure of the piezoelectric body and a dielectric, and at least a pair of opposite electrode 16 and 16 formed at the vibrating part. In this case, the plane shape of the opposite part of those electrodes is a circle or an arbitrary shape circumscribing a circle, and when the radius of the circle is expressed by  $r$ , and the thickness of the vibrating part at the opposite part of the electrodes is expressed by  $t$ , inequality  $r \geq 20 t/n$  is satisfied.



Data supplied from the [esp@cenet](#) database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-237738

(P2002-237738A)

(43) 公開日 平成14年8月23日 (2002.8.23)

(51) Int.Cl.	識別記号	FI	キーワード(参考)
H03H 9/56		H03H 9/56	D 5J108
			Z
9/17		9/17	F

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 10 E)

(21) 出願番号 特願2001-373347(P2001-373347)

(22) 出願日 平成13年12月6日 (2001.12.6)

(31) 優先権主張番号 特願2000-371135(P2000-371135)

(32) 優先日 平成12年12月6日 (2000.12.6)

(33) 優先権主張国 日本 (JP)

(71) 出願人 000006231  
株式会社村田製作所  
京都府長岡京市天神二丁目26番10号

(72) 発明者 柴田 明彦  
京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式  
会社村田製作所内

(72) 発明者 竹内 雅樹  
京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式  
会社村田製作所内

(74) 代理人 100079577  
弁理士 岡田 全啓

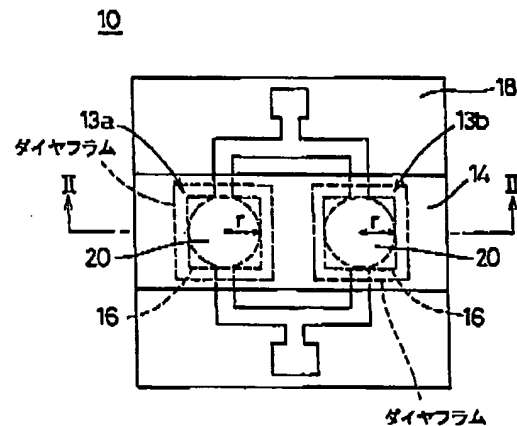
Fターム(参考) 5J108 B807 CC04 DD01 DD02 DD08  
EE03 FF04 JJ01

(54) 【発明の名称】 圧電共振子、圧電フィルタおよびデュプレクサ

(57) 【要約】

【課題】 スプリアス振動の影響が小さく、適正なインピーダンスを有する圧電共振子を提供する。

【解決手段】 圧電共振子10は、厚み縦振動または厚みすべり振動のn次モードを利用した、共振周波数がわずかに異なる複数個の共振子13を直列または並列に接続してなることを特徴とする。共振子13は、少なくとも1層以上の圧電体、もしくは圧電体と誘電体の多層構造からなる振動部20、および振動部に形成される少なくとも1対の対向する電極18、16を含み、電極対向部の平面形状が円形または円形を内包する任意の形状であり、円形の半径をr、電極の対向部における振動部の厚みをtとしたとき、 $r \geq 20t/n$ となるよう形成される。



(2)

特開2002-237738

1

2

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板と、前記基板に形成され、少なくとも1層以上の圧電薄膜を有する薄膜部の上下面を少なくとも一対の上部電極および下部電極を対向させて挟む構造の振動部とを有し、共振子を複数設けた圧電共振子において、前記上部電極および前記下部電極の対向する部分の平面形状が円形または円形を内包する任意の形状であり、共振周波数がわずかに異なる複数の前記共振子を直列または並列に接続してなることを特徴とする、圧電共振子。

【請求項2】 前記上部電極および前記下部電極の対向する部分の平面形状における前記円形の半径を $r$ とし、前記上部電極および前記下部電極の対向する部分の厚みを $t$ としたとき、 $r \geq 20t/n$ となるように形成されたことを特徴とする、請求項1に記載の圧電共振子。

【請求項3】 前記複数の共振子は厚み縦振動または厚みすべり振動の $n$ 次モードを利用したことを特徴とする、請求項1または請求項2に記載の圧電共振子。

【請求項4】 前記複数の共振子の共振周波数の差は $\pm 1\%$ 以内であることを特徴とする、請求項1ないし請求項3のいずれかに記載の圧電共振子。

【請求項5】 前記複数の共振子の共振周波数の差は $\pm 0.5\%$ 以内であることを特徴とする、請求項4に記載の圧電共振子。

【請求項6】 共振周波数がわずかに異なる前記複数の共振子を同一振動部に形成し、それらの共振子を直列または並列に接続したことを特徴とする、請求項1ないし請求項5のいずれかに記載の圧電共振子。

【請求項7】 前記複数の共振子間の間隔が振動波の $1/2$ 以上であることを特徴とする、請求項6に記載の圧電共振子。

【請求項8】 前記上部電極および前記下部電極の少なくとも一方の大きさを前記複数の共振子で互いに異ならせることにより、共振周波数をずらすことを特徴とする、請求項1ないし請求項7のいずれかに記載の圧電共振子。

【請求項9】 前記振動部が圧電体と誘電体の多層構造からなり、かつ、前記圧電体および誘電体のうちの少なくとも1つのものの弾性定数の温度係数が、前記圧電体および誘電体のうちの他のものの弾性定数の温度係数と逆符号であることを特徴とする、請求項1ないし請求項8のいずれかに記載の圧電共振子。

【請求項10】 前記基板は開口部または凹部を有し、前記開口部または前記凹部に前記振動部が形成されたことを特徴とする、請求項1ないし請求項9のいずれかに記載の圧電共振子。

【請求項11】 複数の開口部または複数の凹部を有する基板と、前記開口部または前記凹部に形成され、少なくとも1層以上の圧電薄膜を有する薄膜部の上下面を

少なくとも一対の上部電極および下部電極を対向させて挟む構造の振動部とを有し、共振子を複数設けた、厚み縦振動または厚みすべり振動の $n$ 次モードを利用した圧電共振子において、

前記上部電極および前記下部電極の対向する部分の平面形状が円形または円形を内包する任意の形状であり、前記上部電極および前記下部電極の対向する部分の平面形状における前記円形の半径を $r$ とし、前記上部電極および前記下部電極の対向する部分の厚みを $t$ としたとき、 $r \geq 20t/n$ となるように形成され、複数の前記共振子の共振周波数の差が $\pm 1\%$ となるように異ならせ、さらに前記複数の前記共振子を直列または並列に接続してなることを特徴とする、圧電共振子。

【請求項12】 開口部または凹部を有する基板と、前記開口部または前記凹部に形成され、少なくとも1層以上の圧電薄膜を有する薄膜部の上下面を少なくとも一対の上部電極および下部電極を対向させて挟む構造の振動部とを有し、共振子を複数設けた、厚み縦振動または厚みすべり振動の $n$ 次モードを利用した圧電共振子において、

前記上部電極および前記下部電極の対向する部分の平面形状が円形または円形を内包する任意の形状であり、前記上部電極および前記下部電極の対向する部分の平面形状における前記円形の半径を $r$ とし、前記上部電極および前記下部電極の対向する部分の厚みを $t$ としたとき、 $r \geq 20t/n$ となるように形成され、複数の前記共振子の共振周波数の差が $\pm 1\%$ となるように異ならせ、さらに前記複数の前記共振子を直列または並列に接続してなることを特徴とする、圧電共振子。

【請求項13】 開口部または凹部を有する基板と、前記開口部または前記凹部に形成され、少なくとも1層以上の圧電薄膜を有する薄膜部の上下面を少なくとも一対の上部電極および下部電極を対向させて挟む構造の振動部とを有し、共振子を設けた、厚み縦振動または厚みすべり振動の $n$ 次モードを利用した圧電共振子において、前記上部電極および前記下部電極の対向する部分の平面形状が円形または円形を内包する任意の形状であり、前記上部電極および前記下部電極の対向する部分の平面形状における前記円形の半径を $r$ とし、前記上部電極および前記下部電極の対向する部分の厚みを $t$ としたとき、 $r \geq 20t/n$ となるように形成され、複数の前記共振子の共振周波数の差が $\pm 1\%$ となるように異ならせ、さらに複数の前記共振子を直列または並列に接続してなることを特徴とする、圧電共振子。

【請求項14】 圧電共振子を複数個組み合わせる構成したラダーフィルタであって、請求項1ないし請求項13のいずれかに記載の圧電共振子を少なくとも1つ以上含む、圧電フィルタ。

(3)

特開2002-237738

3

【請求項15】 請求項14に記載の圧電フィルタが用いられたことを特徴とする、デュプレクサ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、圧電共振子、圧電フィルタおよびデュプレクサに関し、特にたとえば厚み縦振動または厚みすべり振動を用いた圧電共振子と、それを複数個組み合わせて構成した圧電フィルタなどに関する。

【0002】

【従来の技術】厚み縦振動、厚みすべり振動の $n$ 次モード( $n$ は自然数)を利用した圧電共振子は、圧電体などからなる振動部と、該振動部に形成された対向電極とを含む。かかる圧電共振子には、非調和モードと呼ばれる多数のスプリング振動が生じる。このスプリング振動の影響を抑えることを目的として、対向電極に内包される円の半径を $r$ とし、対向電極間の振動部の厚みを $t$ としたとき、 $r \geq 20t/n$ の関係を満たすよう振動部および対向電極を形成した圧電共振子が先に提案されている。なお、 $r$ は大きい程、スプリング抑制効果が高

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、この圧電共振子では、スプリング振動の影響を十分に小さく抑えるためには電極半径 $r$ を十分に大きくする必要がある。たとえば圧電体にZnOを用いて共振周波数2GHzの圧電共振子を作製する場合、振動部の厚さが $2\mu\text{m}$ 程度であるのに対し、振動部の大きさ(直径)を数100 $\mu\text{m}$ に形成する必要がある。このように振動部を薄く大きく形成すると、製造の際などに、振動部の変形、破

損が問題となる。

【0004】また、電極形状は圧電共振子のインピーダンスにも影響する。たとえば、この圧電共振子を用いてフィルタを作製する場合、接続する系とのマッチングから共振子には最適なインピーダンスが存在する。しかし、スプリング振動の影響を小さくするために電極を大型化すると、共振子のインピーダンスが最適値よりも小さくなってしまい不都合がある。反対に、インピーダンスが最適値となるように電極形状を調整すると、電極の大きさが不十分となり、圧電共振子の特性に対するス

プリング振動の影響が大きくなるという不都合が生じる。

【0005】それゆえに、本発明の主たる目的は、製造が容易な比較的小径な圧電共振子を組み合わせること

で、スプリング振動の影響が小さく、適正なインピーダンスを有する圧電共振子を提供することである。この発明の他の目的は、その圧電共振子を用いた圧電フィルタを提供することである。この発明のさらに他の目的は、その圧電フィルタを用いたデュプレクサを提供することである。

【0006】

4

【課題を解決するための手段】本発明にかかる圧電共振子は、基板と、基板に形成され、少なくとも1層以上の圧電薄膜を有する電極部の上下面を少なくとも一對の上部電極および下部電極を対向させて挟む構造の振動部とを有し、共振子を複数設けた圧電共振子において、上部電極および下部電極の対向する部分の平面形状が円形または円形を内包する任意の形状であり、共振周波数がわずかに異なる複数個の共振子を直列または並列に接続してなることを特徴とする、圧電共振子である。本発明にか

10

20

30

40

50

かかる圧電共振子では、共振周波数がわずかに異なる複数個の共振子を直列または並列に接続することにより、各共振子の振動部の大きさを必要以上に大きくすることなく、より大型の電極を備えた単体の共振子と同等のスプリング振動抑制効果を得ることができる。そのため、製造が容易で、振動部の耐衝撃性などを高めることができる。また、上記の複数個の共振子を直列または並列に接続することにより、スプリング振動の影響を小さくしながら、インピーダンスの最適化を図ることができる。

【0007】本発明にかかる圧電共振子では、上部電極および下部電極の対向する部分の平面形状における円形の半径を $r$ とし、上部電極および下部電極の対向する部分の厚みを $t$ としたとき、 $r \geq 20t/n$ となるように形成されることが好ましい。このように本発明にかかる圧電共振子では、上部電極および下部電極の対向する部分の平面形状における円形の半径を $r$ とし、上部電極および下部電極の対向する部分の厚みを $t$ としたとき、 $r \geq 20t/n$ となるように上部電極および下部電極などを形成することにより、主振動近傍の周波数にスプリング振動を集中させることができるので、共振子の特性に

対するスプリング振動の影響をさらに小さく抑えることができる。

【0008】また、本発明にかかる圧電共振子では、複数個の共振子はたとえば厚み縦振動または厚みすべり振動の $n$ 次モードを利用する。

【0009】さらに、本発明にかかる圧電共振子では、複数個の共振子の共振周波数の差は $\pm 1\%$ 以内であることが好ましい。このように本発明にかかる圧電共振子では、複数個の共振子の共振周波数の差を $\pm 1\%$ 程度にすることにより、共振点と反共振点とがずれ使用帯域が広がる。

【0010】また、本発明にかかる圧電共振子では、複数個の共振子の共振周波数の差は $\pm 0.5\%$ 以内であることがさらに好ましい。このように本発明にかかる圧電共振子では、複数個の共振子の共振周波数の差を $\pm 0.5\%$ 以内にすれば、スプリング振動の影響をさらに小さく抑えることができる。

【0011】さらに、本発明にかかる圧電共振子では、共振周波数がわずかに異なる複数個の共振子を同一振動部に形成し、それらの共振子を直列または並列に接続してもよい。この場合、同一振動部に複数組の対向する

(4)

特開2002-237738

5

上部電極および下部電極を設け、それらの上部電極および下部電極により励振される振動の周波数をわずかにずらし、それらの上部電極および下部電極を直列または並列に接続してもよい。

【0012】また、本発明にかかる圧電共振子では、複数の共振子間の間隔が振動波の $1/2$ 以上であることが好ましい。このように本発明にかかる圧電共振子では、複数の共振子間の間隔が振動波の $1/2$ 以上である場合には、一方の共振子の機械振動が他方の共振子の振動に影響を与えないので、スプリアスレスポンスの発生など特性劣化がない。また、最小のスペースで並列あるいは直列接続できるので、素子の大型化を防ぐことができる。

【0013】さらに、本発明にかかる圧電共振子では、上部電極および下部電極の少なくとも一方の大きさを複数の共振子で互いに異ならせることにより、共振周波数をずらすようにしてもよい。このように本発明にかかる圧電共振子では、上部電極および下部電極の少なくとも一方の大きさや形状を複数の共振子で互いに異ならせることにより、共振周波数をずらすようにする場合に、パターンを変更するだけで対応できるので、電極形成工程を増やす必要がない。

【0014】また、本発明にかかる圧電共振子では、振動部が圧電体と誘電体の多層構造からなり、かつ、圧電体および誘電体のうちの少なくとも1つのものの弾性定数の温度係数が、圧電体および誘電体のうちの他のものの弾性定数の温度係数と逆符号であることが好ましい。

【0015】さらに、本発明にかかる圧電共振子では、たとえば、基板は開口部または凹部を有し、開口部または凹部上に振動部が形成される。

【0016】また、本発明にかかる圧電共振子は、複数の開口部または複数の凹部を有する基板と、開口部または凹部上に形成され、少なくとも1層以上の圧電薄膜を有する薄膜部の上下面を少なくとも一対の上部電極および下部電極を対向させて挟む構造の振動部とを有し、共振子を複数設けた、厚み縦振動または厚み滑り振動の $n$ 次モードを利用した圧電共振子において、上部電極および下部電極の対向する部分の平面形状が円形または円形を内包する任意の形状であり、上部電極および下部電極の対向する部分の平面形状における円形の半径を $r$ とし、上部電極および下部電極の対向する部分の厚みを $t$ としたとき、 $r \geq 20t/n$ となるように形成され、複数の共振子の共振周波数の差が $\pm 1\%$ となるように異ならせ、さらに複数の共振子を直列または並列に接続してなることを特徴とする、圧電共振子である。

【0017】さらに、本発明にかかる圧電共振子は、開口部または凹部を有する基板と、開口部または凹部上に形成され、少なくとも1層以上の圧電薄膜を有する薄膜部の上下面を少なくとも一対の上部電極および下部電極を対向させて挟む構造の振動部とを有し、共振子を複数

6

設けた、厚み縦振動または厚み滑り振動の $n$ 次モードを利用した圧電共振子において、上部電極および下部電極の対向する部分の平面形状が円形または円形を内包する任意の形状であり、上部電極および下部電極の対向する部分の平面形状における円形の半径を $r$ とし、上部電極および下部電極の対向する部分の厚みを $t$ としたとき、 $r \geq 20t/n$ となるように形成され、複数の共振子の共振周波数の差が $\pm 1\%$ となるように異ならせ、さらに複数の共振子を直列または並列に接続してなることを特徴とする、圧電共振子である。

【0018】また、本発明にかかる圧電共振子は、開口部または凹部を有する基板と、開口部または凹部上に形成され、少なくとも1層以上の圧電薄膜を有する薄膜部の上下面を少なくとも一対の上部電極および下部電極を対向させて挟む構造の振動部とを有し、共振子を設けた、厚み縦振動または厚み滑り振動の $n$ 次モードを利用した圧電共振子において、上部電極および下部電極の対向する部分の平面形状が円形または円形を内包する任意の形状であり、上部電極および下部電極の対向する部分の平面形状における円形の半径を $r$ とし、上部電極および下部電極の対向する部分の厚みを $t$ としたとき、 $r \geq 20t/n$ となるように形成され、複数の共振子の共振周波数の差が $\pm 1\%$ となるように異ならせ、さらに複数の共振子を直列または並列に接続してなることを特徴とする、圧電共振子である。

【0019】本発明にかかる圧電フィルタは、圧電共振子を複数個組み合わせて構成したラダーフィルタであって、本発明にかかる圧電共振子を少なくとも1つ以上含む、圧電フィルタである。

【0020】また、本発明にかかるデュプレクサは、本発明にかかる圧電フィルタが用いられたことを特徴とする、デュプレクサである。

【0021】本発明の上述の目的、その他の目的、特徴および利点は、図面を参照して行う以下の発明の実施の形態の詳細な説明から一層明らかとなろう。

【0022】

【発明の実施の形態】図1は本発明の圧電共振子の一実施例を示す平面図であり、図2はその断面図解図である。この圧電共振子10は、共振周波数が2GHzの厚み縦振動の基本波( $n=1$ )を利用したものである。圧電振動子10は、基板12を含む。基板12は、(100)Siで形成される。基板12上には、2つの共振子13a、13bが並列に接続されて形成される。各共振子13a、13bはそれぞれ振動部20を含む。この振動部20は、誘電体薄膜14、電極薄膜16、圧電体薄膜18、電極薄膜16、誘電体薄膜14を基板12上にこの順に積層してなるものである。この実施例では、誘電体薄膜14はSiO<sub>2</sub>で形成され、電極薄膜16はAlで形成され、圧電体薄膜18はZnOで形成される。各膜の厚みは、SiO<sub>2</sub>/Al/ZnO/Al/SiO<sub>2</sub>

(5)

特開2002-237738

7

$r = 0.3 / 0.1 / 1.1 / 0.1 / 0.3$  (単位:  $\mu\text{m}$ )である。なお、基板12はたとえばバイレックス(登録商標)ガラス、石英、GaAsなどで形成してもよく、誘電体薄膜14はSiN、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>などで形成してもよく、圧電体薄膜18はAlN、PZTなどで形成してもよく、電極薄膜16はAu、Agなどで形成してもよい。

【0023】電極薄膜16の形状は、半径 $r$ の円形を内包した正方形に形成される。この正方形の1辺の長さ $2r$ は、 $150\mu\text{m}$ に形成される。また、電極薄膜16の対向部における振動部の厚み $t$ は、 $1.9\mu\text{m}$ に形成される。したがって、この実施例の振動部20は、 $r \geq 20t/n$ の条件を満たす。電極薄膜16は、振動部20の外側へ引き出される。なお、電極薄膜16の形状は、円形でもよく、円形を内包する六角形、八角形など上述の条件を満たす円形を内包する多角形にしてもよい。また、上述の $r \geq 20t/n$ の条件は、本発明では必ずしも満たさなければならないことはない。

【0024】この実施例の圧電共振子10は、共振周波数が2GHzのものである。この実施例では、一方の共振子13aの共振周波数と他方の共振子13bの共振周波数とは、4MHzずらして形成される。このように共振周波数をずらす方法としては、一方の共振子13aと他方の共振子13bとで、電極薄膜16の厚さを変える方法や、共振子13裏面から電極薄膜16対向部付近にAgなどの金属を蒸着する(蒸着トリミング)方法や、電極薄膜16の大きさや形状を変える方法などがある。電極薄膜16の大きさ(面積)や形状を変えて周波数をずらすようにすれば、パターンを変えるだけで対応でき、電極形成工程を増やす必要がない。なお、共振周波数のずれ量は4MHzに限るものではないが、一方の共振子13aの共振周波数に対して他方を $\pm 0.5\%$ 以内のずれ量とすることが本発明の目的を達成するため望ましい。なお、このずれ量は、本発明では $\pm 1.0\%$ 以内にしてもよい。このずれ量を $1.0\%$ 程度にすれば、共振点と反共振点とがずれ使用帯域が広がる。

【0025】この実施例の圧電共振子10は、次のようにして製造される。まず、(100)Si基板上に熱酸化、スパッタ、CVDなどの方法で誘電体薄膜14としてのSiO<sub>2</sub>が成膜される。その上に蒸着、スパッタなどの方法で下部電極薄膜16としてAlが成膜される。さらにその上に圧電体薄膜18としてZnOが成膜される。さらにその上に下部電極薄膜16と対向するようにして上部電極薄膜16としてAlが成膜される。圧電体薄膜18を構成するZnOは厚み縦振動を用いる場合は厚み方向に分極され、厚みすべり振動を用いる場合には厚みに直交する方向に分極されるが、本実施例では、ZnOを厚み方向に分極して厚み縦振動を利用している。さらに最上層にはスパッタ、CVDなどの方法で誘電体薄膜14としてのSiO<sub>2</sub>が成膜される。なお、電極薄

8

膜16対向部およびその周囲(振動部20)の下方の基板12は、異方性エッチング、RIE、レーザー加工、サンドブラストなどの方法で除去される。そのため、基板12は、2つの開口部を有し、2つの開口部の上に、2つの振動部20、20が形成されることになる。なお、基板12には、このような開口部の代わりに凹部が形成されてもよい。

【0026】図3は1辺の長さが $150\mu\text{m}$ の正方形の電極薄膜18を備え、振動部20の積層構造および各層の厚みは上述のものと同様の単独の共振子13のインピーダンス特性を示すグラフである。この場合、共振-反共振間に多数の非調和高次モードにより生じるスプリアス振動が見られる。

【0027】図4は1辺 $230\mu\text{m}$ の正方形の電極薄膜を備え、振動部20の積層構造および各層の厚みは上述のものと同様の単独の共振子13のインピーダンス特性を示すグラフである。この場合、共振-反共振間のスプリアス振動の影響は少なくなる。しかし、この圧電共振子は電極サイズの増加に伴い、振動部の形成が困難となり、歩留まりが本実施例よりも悪くなる。また、振動部が変形や破損しやすい。

【0028】それに対して、図5は図1に示す本実施例の圧電共振子10のインピーダンス特性を示すグラフである。図5からわかるように、本実施例の圧電共振子10では、共振-反共振間のスプリアス振動の影響が図3に示したものに比べて小さくなり、図4に示したものと同様の効果を得ることができる。しかも、並列に接続された共振子13a、13bのそれぞれの振動部20の大きさは図4に示したもののより小さいので、振動部20、20の形成が容易となり、変形や破損もしにくい。

【0029】図6は本実施例の圧電共振子10を構成する共振子13a、13bの各々のインピーダンス特性をあわせて示したグラフである。各々のインピーダンス特性の共振-反共振間には非調和高次モードに起因する多数のスプリアス振動があるが、共振-反共振間のインピーダンスカーブには、スプリアス振動の影響で尖っている部分と、滑らかに変化している部分とがある。一方の共振子13aの共振周波数と他方の共振子13bの共振周波数とをわずかにずらす(たとえば $\pm 0.5\%$ 以内)ことで、一方の共振子13aのインピーダンスカーブで尖っている部分が他方の共振子13bのインピーダンスカーブの滑らかな部分と合成される。したがって、合成後、スプリアスの影響による尖りの部分が合成前の各々の特性に比べて相対的に小さくなるために、スプリアス振動の影響の小さい圧電共振子10を得ることができる。また、複数の共振子13を接続することによりインピーダンスの調整を図ることができ、適正なインピーダンスを有する圧電共振子10を得ることができる。

【0030】図7は本発明にかかる圧電共振子の他の実施例を示す平面図であり、図8はその断面図解図であ

50

(6)

特開2002-237738

9

る。図8は図7に示す本実施例の圧電共振子10の特性を示すグラフである。この圧電共振子10は、基板12上の2つの共振子13、13が直列に接続されて形成された点のみが図1に示した実施例と相違し、その他の点は同様である。図9からわかるように、図7に示した圧電共振子10によっても図1に示したものと同様の効果を得ることができる。

【0031】図10および図11はそれぞれ本発明にかかる圧電共振子のさらに他の実施例を示す平面図である。図12は図10または図11に示す縦 $X11-X11$ における断面図解図である。図10に示す圧電共振子10は共振周波数がわずかに異なる複数個の共振子13、13をダイヤフラムを共通にする同一振動部20上に形成し、それらの共振子13、13を並列に接続したことを特徴とする。また、図11は本発明にかかる圧電共振子のさらに他の実施例を示す平面図である。この圧電共振子10は共振周波数がわずかに異なる複数個の共振子13、13をダイヤフラムを共通にする同一振動部20上に形成し、それらの共振子13、13を直列に接続したことを特徴とする。これらの圧電共振子10でも

上述と同様の効果を得ることができる。

【0032】さらに、この実施例の圧電共振子10は、一方の共振子13aの振動部20と、他方の共振子13bの振動部20との間の間隔dが振動波の波長の $1/2$ の長さで形成される。これにより2つの共振子13a、13bの振動が影響し合うことによるスプリアスレスポンスの発生などの特性劣化を防止できる。また、間隔dを振動波の $1/2$ とすることで最小のスペースで並列または直列接続することができ、素子の大型化を防ぐことができる。なお、間隔dは振動波の $1/2$ 以上であればよい。

【0033】図13は、本発明にかかる厚み縦振動を利用した圧電共振子10の基本波について、そのZnO膜厚比(ZnO膜厚/振動部におけるZnOとSiO<sub>2</sub>の合計膜厚)と、共振周波数温度係数(以下、TCF: Temperature Coefficient of Frequency)との関係を示したものである。ZnOの弾性定数の温度係数がマイナスであるのに対し、SiO<sub>2</sub>の弾性係数はプラスであるので、両者を適切な比率で組み合わせること、TCFが0、すなわち、温度変化に対して共振周波数が変化しない圧電共振子10を得ることができる。

【0034】たとえば、上述した実施例の圧電振動子10においては、振動部20における各層の厚みを調整しZnOの膜厚比を45%とすることで、図13に示すとおり、TCFを0とすることができる。これにより温度に対して安定な周波数特性を有する圧電共振子10やフィルタを作製できる。本発明にかかる圧電共振子10を組み合わせたL型ラダーフィルタ30の等価回路図を図14に示す。図14に示すL型ラダーフィルタ30において、各々の直列側の圧電共振子が、2個の共振子の並

10

列接続から構成されているが、複数の共振子の直列接続から構成されてもよい。また、各々の並列側の圧電共振子が、複数の共振子の並列接続または直列接続から構成されてもよい。さらに、直列側および並列側の圧電共振子が、ともに、複数の共振子の直列接続または並列接続から構成されてもよい。また、並列側の圧電共振子は、単なる共振子と置き換えられてもよい。

【0035】また、本発明の圧電共振子を用いてT型、 $\pi$ 型ラダーフィルタを構成してもよい。図15は本発明にかかるT型ラダーフィルタの一例を示す等価回路図である。図15に示すT型ラダーフィルタ40は、3つの圧電共振子10-1、10-2および10-3を含む。3つの圧電共振子10-1~3は、それらの一端が互いに接続される。また、1つの圧電共振子10-1の他端は入力端INに接続され、他の1つの圧電共振子10-3の他端は接地され、残りの1つの圧電共振子10-2の他端は出力端OUTに接続される。

【0038】図16は本発明にかかるT型ラダーフィルタの他の例を示す等価回路図である。図16に示すT型ラダーフィルタ40では、図15に示すT型ラダーフィルタ40と比べて、3つの圧電共振子10-4、10-5および10-6のうち入力端INに接続されている圧電共振子10-4が、直列に接続された2つの共振子13-1および13-2で構成されている。

【0037】なお、図16に示す圧電共振子10-4としては、たとえば図7または図11に示す圧電共振子10が用いられる。

【0038】図16に示すT型ラダーフィルタ40では、図15に示すT型ラダーフィルタ40と比べて、耐電力性が向上するという効果を奏する。すなわち、図15に示すT型ラダーフィルタ40では、入力端INに2Wの電力を投入した場合、入力端子INに接続されている圧電共振子10-1の電力分布は、図17のグラフに示すように、1.92GHz付近で約1.0Wと大きい。それに対して、図16に示すT型ラダーフィルタ40では、入力端INに2Wの電力を投入した場合、入力端子INに直列に接続されている圧電共振子10-4の2つの共振子30-1および30-2の電力分布は、図18のグラフおよび図19のグラフに示すように、それぞれ1.92GHz付近で約0.5Wと小さい。そのため、図16に示すT型ラダーフィルタ40では、図15に示すT型ラダーフィルタ40と比べて、印加される電力が少なくなるので、耐電力性が向上するという効果を奏する。

【0039】図20は本発明にかかるデュプレクサの一例を示すブロック図である。図20に示すデュプレクサ50は、送信機用フィルタおよび受信機用フィルタを含む。送信機用フィルタには、圧電フィルタとして上述のT型ラダーフィルタ40が用いられる。また、受信機用フィルタにも、圧電フィルタとして上述のT型ラダー

(7)

特開2002-237798

11

ィルタ40が用いられる。

【0040】なお、上述の各実施例では1つの基板12上に2つの共振子13、13を形成したが、さらに多数の共振子13を形成してそれらを並列または直列に接続してもよい。また、1つの基板12上に共振子13を1つだけ形成したものを複数、ワイヤーボンディングなどの手段で直列または並列に接続して、1つの圧電共振子10としてもよい。また、複数対の電極薄膜16、16を同一振動部20上に厚み方向に積層し、それらの電極薄膜16を直列または並列に接続して圧電共振子10と

【0041】

【発明の効果】本発明によれば、製造が容易で耐久性の良い比較的小さい電極を備えた共振子を複数個、共振周波数をわずかにずらして直列または並列に接続することで、より大型の電極を備えた単体の共振子と同等のスプリアス振動抑制効果を有する圧電共振子を得ることができる。また、共振周波数をわずかにずらした共振子を複数、直列または並列に接続することにより、スプリアス特性を改善しつつ、インピーダンスを調整できる。すなわち、本発明によれば、スプリアス振動の影響が極めて小さく、適正なインピーダンスを持つ圧電共振子を得ることができる。さらに、振動部を構成する圧電体および振動体の弾性定数の温度係数を互いに逆符号とし、これを適切な膜厚比で組み合わせることにより、TCFを0にすることが可能である。これにより温度変化に対して安定した共振周波数を有し、かつスプリアス振動の抑制された圧電共振子を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明にかかる圧電共振子の一実施例を示す平面図解図である。

【図2】図1に示す圧電共振子の断面図解図である。

【図3】1辺150 $\mu$ mの正形状の電極薄膜を備える単独の共振子のインピーダンス特性を示すグラフである。

【図4】1辺230 $\mu$ mの正形状の電極薄膜を備える単独の共振子のインピーダンス特性を示すグラフである。

【図5】図1に示す圧電共振子のインピーダンス特性を示すグラフである。

【図6】本発明にかかる圧電共振子の基板上に形成された2個の共振子の各々のインピーダンス特性をあわせて示すグラフである。

12

【図7】本発明にかかる圧電共振子の他の実施例を示す平面図解図である。

【図8】図7に示す圧電共振子の断面図解図である。

【図9】図8に示す圧電共振子のインピーダンス特性を示すグラフである。

【図10】本発明にかかる圧電共振子のさらに他の実施例を示す平面図である。

【図11】本発明にかかる圧電共振子のさらに他の実施例を示す平面図である。

【図12】図10または図11に示す線XII-XIIにおける断面図解図である。

【図13】本発明にかかる圧電共振子の基本波について、そのZnO膜厚比とTCFとの関係を示したグラフである。

【図14】本発明にかかる圧電共振子を組み合わせたラダー型フィルタの一例を示す等価回路図である。

【図15】本発明にかかるT型ラダーフィルタの一例を示す等価回路図である。

【図16】本発明にかかるT型ラダーフィルタの他の例を示す等価回路図である。

【図17】図15に示すT型ラダーフィルタの入力端子INに接続されている圧電共振子10-1にかかる電力の配分を示すグラフである。

【図18】図16に示すT型ラダーフィルタの入力端子INに接続されている圧電共振子10-4の共振子13-1にかかる電力の配分を示すグラフである。

【図19】図18に示すT型ラダーフィルタの入力端子INに接続されている圧電共振子10-4の共振子13-2にかかる電力の配分を示すグラフである。

【図20】本発明にかかるデュプレクサの一例を示すブロック図である。

【符号の説明】

10、10-1～6 圧電共振子

12 基板

13、13-1、13-2 共振子

14 誘電体薄膜

16 電極薄膜

18 圧電体薄膜

20 振動部

30 フィルタ

40 T型ラダーフィルタ

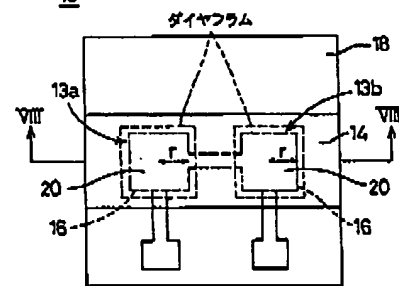
50 デュプレクサ

特開2002-237738

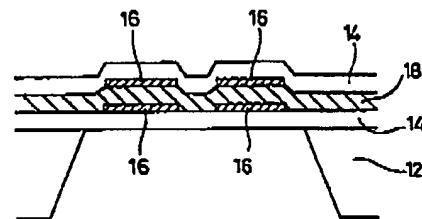
【圖8】



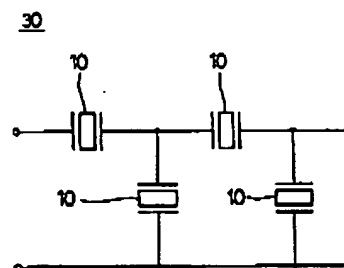
10



【圖 4】



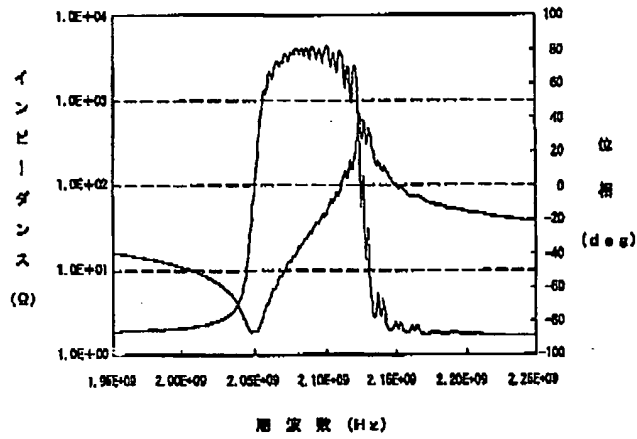
【图 14】



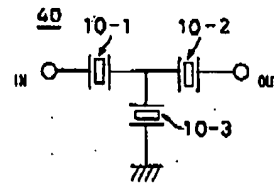
(9)

特開2002-237738

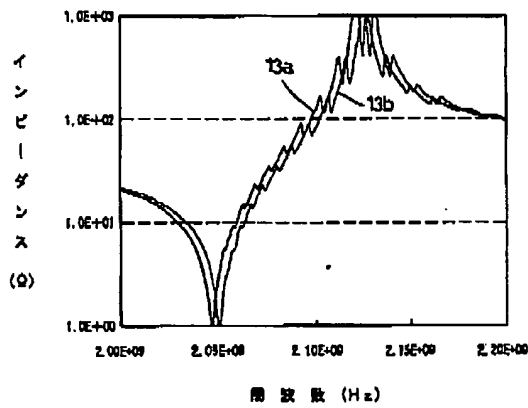
【図5】



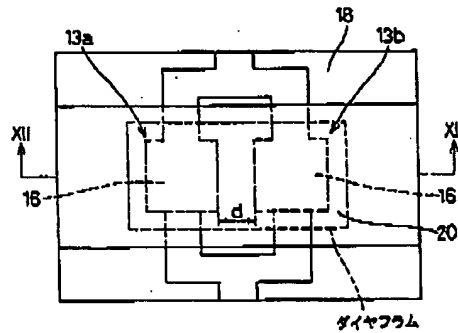
【図15】



【図6】

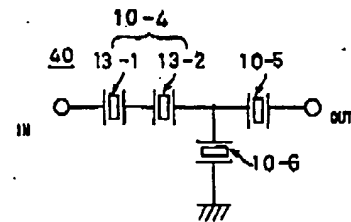
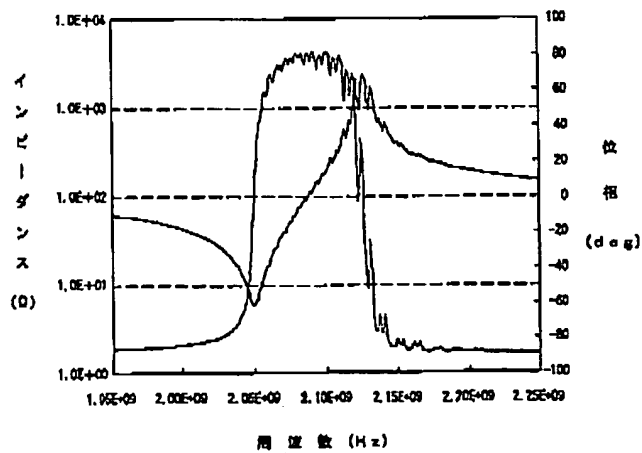


【図10】

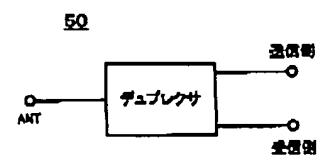


【図16】

【図9】



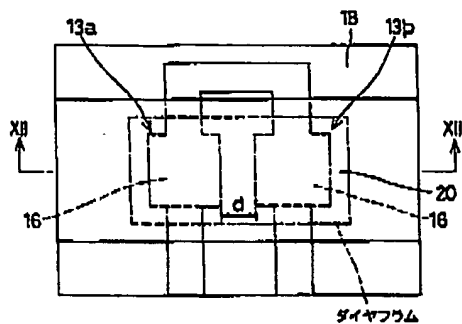
【図20】



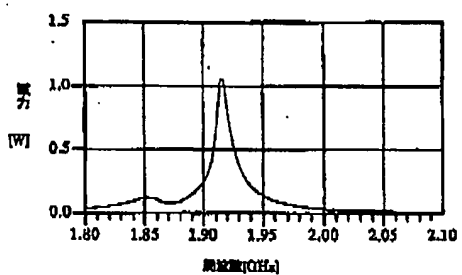
(10)

特開2002-237738

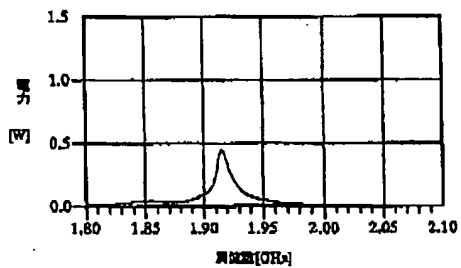
【図11】



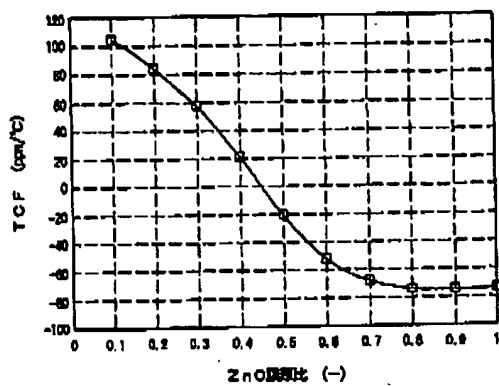
【図17】



【図19】



【図13】



【図18】

